

Detección en Tiempo Real de Malezas a través de Técnicas de Visión Artificial

Costamagna Marcelo¹, Panero Javier², Peretti Gastón³, Felissia Sergio Francisco³,
Lurgo Gerardo³, Cicioli Mauricio¹

- 1) Departamento de Mecánica de la Facultad Regional Villa María de la Universidad Tecnológica Nacional.
- 2) Departamento de Electrónica de la Facultad Regional Villa María de la Universidad Tecnológica Nacional.
- 3) Departamento de Electrónica de la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional

Av. De la Universidad 50- San Francisco (Pcia. de Córdoba) – CP (2400)

Tel.: 03564-421147 / e-mails: gastonperetti@gmail.com

costamagna_m@frvm.utn.edu.ar

Resumen

En este proyecto se propone desarrollar un prototipo de detección de las malezas que aparecen durante el procedimiento denominado barbecho en los cultivos agrícolas típicos de nuestra región, en particular soja, maíz y trigo. El aporte de este proyecto, se centra en desarrollar un sistema de visión artificial que permita la detección de malezas en tiempo real, aplicando técnicas de procesamiento de imágenes, que sea susceptible de incorporar en un equipo pulverizador de herbicidas. Adicionalmente se pretende también analizar comparativamente, los resultados experimentales del prototipo propuesto, con los de los sistemas de detección más utilizados actualmente.

Palabras clave: Detección malezas - Agricultura de precisión - Visión artificial.

Contexto

La investigación está inserta dentro de la línea de control y redes de información. El proyecto de investigación detección en tiempo real de malezas a través de técnicas de visión artificial se lleva a cabo en el ámbito del Departamento de Electrónica de la Facultad Regional San Francisco y en el ámbito del

Departamento de Electrónica de la Facultad Regional Villa María.

La Institución que acredita el proyecto de Investigación y desarrollo (PID) es Rectorado de la Universidad Tecnológica Nacional como proyecto de investigación y desarrollo inter-facultad mediante la financiación del mismo con fecha de aprobación en el mes de Abril del 2016.

Introducción

El control químico de malezas es, y seguirá siendo, de gran importancia en la agricultura de alta eficiencia. Sin embargo, las consideraciones tanto económicas y ecológicas dictan que nuevas reducciones en el uso de herbicidas serán necesarios en el futuro. En general, en nuestro país, la aplicación de herbicidas se realiza en forma uniforme en la totalidad del lote, no obstante el grado de infestación de malezas puede no ser homogéneo sino que aparece en forma de “manchas” y es en estos casos en donde el uso de herbicidas podría reducirse aplicándolo sólo a las áreas infestadas de maleza. Es por este motivo que el proyecto plantea la detección de malezas en barbecho en tiempo real, con el objetivo de reducir la utilización de herbicidas mediante procesamiento digital de imágenes. Para la detección de malezas en la actualidad, se utilizan métodos de tecnología óptica y

electrónica. Dentro de estas tecnologías los podemos clasificar en dos grupos:

- ✓ Sensores del espectro de luz reflejada
- ✓ Sensores basados en toma de imágenes y algoritmos de procesamiento de imágenes.

Dentro de los sensores del espectro de luz reflejada, tenemos:

- Sensores de color verde.
- Arreglos de sensores de color de distintas longitudes de onda y ancho de banda estrecho.
- Detección del color rojo y cercano al infrarrojo (RR/NIR).

Por otra parte dentro de los sensores basados en toma de imágenes tenemos:

- Detección por análisis de color.
- Detección por análisis de forma.
- Detección por análisis de textura.

Dentro de los sensores de luz reflejada, comenzaremos a detallar los sensores de color verde. Con esta estrategia, estaríamos en condiciones de distinguir las malezas verdes del suelo y, de esta manera, poder pulverizar solamente los sectores que poseen malezas [1]. Desde el punto de vista tecnológico, resulta un procedimiento sencillo. Existen en el mercado, sensores de color comerciales que se adaptarían perfectamente a este método. Cada sensor realiza una exploración del suelo y cuando detecta la presencia del color verde envía la orden a la pastilla pulverizadora para producir el rociado. Desde el punto de vista del acondicionamiento de señal, el sensor suministra una salida lógica que se activará cuando se detecte la presencia del color verde. Un microcontrolador de bajas prestaciones puede ser utilizado sin problemas, con la sola consigna de producir el retardo correspondiente para producir el disparo de la electroválvula que maneja el pico pulverizador, teniendo en cuenta la velocidad de avance. El sensor es un detector de color, el cual puede adquirirse o fabricarse mediante el uso de fototransistores y filtros ópticos.

Con respecto a los arreglos de sensores de distintas longitudes de onda, tiene como principio el estudio de las características de reflectancia espectral de los cultivos, de las malezas y del suelo. Estas

características se miden usando un espectrómetro. Para cada una de las especies de malezas o cultivos, se suele medir por separado las características espectrales de los tallos y las hojas como dos clases de objetos individuales. El suelo es tratado como una clase adicional. Se diseña el sensor seleccionando un arreglo de fotodetectores para esas longitudes de onda características y contrastantes entre las malezas y el cultivo o el suelo. La electrónica asociada a este tipo de sensores, requiere de circuitos de acondicionamiento de señal analógicos, conversores analógico digital de varios canales y microcontroladores con cierta capacidad de cálculo y velocidad de procesamiento para poder tomar decisiones en forma rápida y actuar en tiempo real.

En el caso de detección de color rojo y cercano al infrarrojo (RR/NIR) se utilizan sensores que están disponibles en el mercado actualmente. Se basa en la detección de malezas mediante la cantidad de luz reflejada por las mismas al ser iluminadas[2]. Fundamentalmente se han realizado estudios para determinar la cantidad de luz reflejada cerca del infrarrojo (NIR) y en el rango del rojo (RR) [3]. Dado que el suelo y las plantas reflejan cantidades distintas de ambos espectros, es posible utilizar esta característica para realizar una clasificación. Las plantas debido a su clorofila, absorben gran cantidad de luz roja, en el rango de longitudes de onda que van de 630 a 660 nm (RR), mientras que la luz cercana al infrarrojo, que se encuentra entre 750 y 1200 nm (NIR) es ampliamente reflejada. La relación de NIR/RR se encuentra entre 1.1 y 1.5 para el suelo y entre 6 y 15 para las plantas con hojas verdes, dependiendo del tipo de suelo y de maleza [4].

Los circuitos electrónicos para implementar un sistema de detección RR/NIR se componen de dos fotodetectores, uno dedicado a detectar la cantidad de luz roja reflejada por la planta y otro dedicado a detectar la cantidad de luz cercana al infrarrojo reflejada. Esto es posible mediante el uso de filtros ópticos de la longitud de onda deseada (RR o NIR) para cada sensor. El conjunto de sensores realiza una exploración del suelo y capta la luz reflejada de ambos espectros y realiza el procesamiento de estos datos mediante un microcontrolador, que corre un algoritmo de discriminación relativamente sencillo. Un punto a considerar es el método de iluminación del sector a explorar que puede ser a través de la luz natural o a través de iluminación activa. En este último caso

resulta conveniente ya que permitiría su utilización en el trabajo nocturno, no obstante, que esta situación requiere de una cuidadosa selección de la fuente de luz.

Dentro de las estrategias que utilizan sensores basados en la toma de imágenes, las mismas se basan en la utilización de cámaras de video o fotográficas.

En el caso en que utilicemos una cámara digital color y realicemos una clasificación de zonas verdes contra suelo, estaríamos en condiciones de realizar una pulverización selectiva. Sin embargo, existen algunos puntos que deben ser tenidos en cuenta. La clasificación por detección de color mediante visión artificial ha probado ser efectiva en gran cantidad de trabajos, pero éstos fueron realizados en laboratorios o invernaderos con condiciones de luz controladas. Desde el punto de vista tecnológico, como hemos mencionado antes, se necesitaría cámaras digitales color, una CPU que se encarga de correr un algoritmo de procesamiento de imágenes para determinar la existencia o no de malezas. Necesariamente se necesita un microcontrolador de altas prestaciones, preferentemente con capacidades de Procesamiento Digital de Señales (DSP). El algoritmo de detección, debe ser capaz de determinar las condiciones de iluminación para así poder detectar adecuadamente la maleza. Además, se debe tener en cuenta que la iluminación no se mantiene constante a lo largo del día, y varía con la nubosidad. Es necesario considerar la definición óptica de la cámara, para poder lograr una detección lo más precisa posible en el menor tiempo posible. Cabe destacar que, cuanto mayor definición tenga la cámara, mayor procesamiento es necesario y, por lo tanto, mayor es el tiempo involucrado. También hay que tener en cuenta que la cámara posee una gran parte óptica y que el polvo en el ambiente puede obstruir las lentes.

En el caso de la detección por análisis de formas, la gran diferencia radica en el software de detección que contiene la CPU. En este caso, el algoritmo es capaz de diferenciar la forma de las hojas del cultivo respecto de la forma de las hojas de la maleza. Existen trabajos que avalan este procedimiento y en donde se han logrado eficiencias en la discriminación de hasta el 73.1% [5]. No obstante existen trabajos que combinan el análisis de forma con el análisis del color,

conformando sistemas mixtos, en donde los resultados obtenidos fueron similares [6]. Sin embargo la gran mayoría de estas investigaciones fueron realizadas en laboratorios o invernaderos y requieren de imágenes de alta calidad gráfica y de un gran nivel de procesamiento [6]. Además, se debe considerar que en condiciones de campo las hojas se superponen y su orientación no es pareja. Esto genera una gran cantidad de formas distintas a reconocer. También debemos decir que a medida que las plantas se desarrollan cambian sustancialmente su forma, lo que complica aún más su detección [2]. Dada la complejidad del algoritmo de detección es preciso hacer uso de una CPU con gran capacidad de procesamiento DSP. Este tipo de sistema es más complejo pero presenta ventajas significativas en lo que respecta a la detección del color, ya que es capaz de discriminar entre cultivo, maleza y suelo. Pese a su complejidad, se han desarrollado sistemas de detección a campo en tiempo real [5]. La complejidad del algoritmo, determina que se requiera de un tiempo importante para tomar la decisión, lo que conspira como dijimos antes con la detección en tiempo real. Esta situación de demora en la actuación podría mitigarse ajustando la velocidad de avance y la distancia del detector al pico pulverizador.

Para el caso de detección por análisis de textura, Este método analiza la información sobre la textura de las imágenes, la que se encuentra relacionada con la distribución en el espacio del objeto fotografiado. Las partes brillantes y las partes oscuras se deben a variaciones de color o a sombras locales producidas por la geometría de las superficie del objeto fotografiado [7]. Dichas características pueden ser tomadas como referencia para lograr una diferenciación entre el suelo, el cultivo y las malezas. Este método se utiliza para determinar no solamente la existencia de malezas sino también la variedad de las mismas. Este tipo de clasificación requiere de un procesamiento intensivo mediante el uso de algoritmos altamente complejos. Para resolver este tipo de problemática se han utilizado gran cantidad de métodos. Existen trabajos que se basan en el uso de redes neuronales, en donde se alcanzan precisiones del orden de 95% en la detección [8] o sistemas mixtos que hacen uso de un filtro Gabor Wavelet en la primera etapa y luego, en una segunda instancia, trabajan con redes neuronales artificiales para realizar la clasificación. De lo anterior se infiere fácilmente que con el uso de un procesador más veloz, el tiempo

de procesamiento disminuye y la velocidad de avance aumenta. También se desarrollaron líneas basadas en un concepto muy diferente. En vez de utilizar imágenes de alta resolución y realizar un reconocimiento individual de cada planta; se utilizan imágenes de baja resolución que abarcan grandes áreas y se detecta la densidad de malezas en tiempo real [9]. Al igual que el método anterior este requiere de una CPU capaz de realizar una gran cantidad de cálculos en forma intensiva debido a la complejidad de los algoritmos aplicados al filtrado y detección. Esto implica la utilización de, por ejemplo, un DSP muy potente para poder realizar estos cálculos en tiempo real. El inconveniente que presenta está dado por la alta complejidad de los algoritmos que redundan en el uso de procesadores de alto rendimiento y elevado costo. Entendemos que este sistema seguirá siendo perfeccionado y constituirá en el futuro la base de la detección de malezas mediante visión artificial, probablemente formando parte de un sistema mixto.

El proyecto plantea la utilización de una cámara digital color y luego mediante el procesamiento digital de imágenes detectar la existencia o no de malezas en barbecho. Las técnicas de procesamiento de imágenes han sido utilizado con éxito para muchas aplicaciones en la agricultura y muestran un enorme potencial para la detección de malezas, ya que utiliza no sólo información espectral, sino también la información espacial y de textura.

La metodología utilizada y los resultados obtenidos serán susceptibles de ser publicados y presentados en eventos científicos tecnológicos.

El aporte del proyecto en cuanto al impacto del mismo sobre la sociedad en general, es que el desarrollo de un sistema de este tipo, permitiría reducir fuertemente la utilización de herbicidas como así también en lograr un pequeño aporte para hacer sustentable la tarea diaria en el ámbito agropecuario respetando nuestra naturaleza. Es decir el beneficio al medio ambiente, resultará en una vía para mitigar los problemas de la agricultura a gran escala y hacer más sustentable esta actividad económica.

Línea de Investigación y Desarrollo

Nuestro proyecto consta de los siguientes ejes:

1. Determinación de las necesidades de hardware y software que se requieren para la detección de malezas sobre barbecho en tiempo real.
2. Estudio de los dispositivos que pueden ser integrados en el sistema, en base a la disponibilidad y oferta en Argentina.
3. Definición de la estrategia de procesamiento digital de imágenes a utilizarse en función del objetivo planteado (detección de malezas en barbecho).
4. Desarrollo de software de control y hardware para el manejo de las válvulas de accionamiento.

Objetivos y Resultados

OBJETIVO GENERAL: desarrollar un sistema de procesamiento digital de imágenes en tiempo real, que permita la detección de malezas en barbecho agregando elementos de interés social y comunitario como puede ser el manejo eficiente de los recursos y el respeto a nuestra naturaleza en general.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: diseñar un sistema de procesamiento digital de imágenes que cumpla con los siguientes aspectos:

- Desarrollar un sistema que permita la detección de malezas a partir del procesamiento digital de imágenes.
- Utilizar la información brindada por el detector de malezas para la dosificación variable del herbicida.
- Comparar los resultados del prototipo con otros sistemas de detección.

Se desea que la propuesta de diseño de este sistema sea un primer paso para generar lineamientos de utilización de sistemas de procesamiento digital de imágenes en el ámbito agropecuario.

RESULTADOS: considerando que el proyecto se encuentra en su fase inicial, los resultados que se esperan, se pueden resumir como:

- ✓ Detección de las distintas especies de malezas que afectan el período previo a la siembra en el cultivo de soja (barbecho), caracterización de las mismas de acuerdo a sus porcentajes de incidencia en la región.

- ✓ Detección del método de visión artificial (estrategia de procesamiento) que más se adapte a las especies locales.
- ✓ Desarrollo del sistema de control de pulverización de herbicida sobre las malezas en barbecho.
- ✓ Diseñar un software amigable con el usuario.
- ✓ Planificar clases prácticas en asignaturas y cursos relacionados con la tecnología utilizada en la agricultura de precisión y la automatización en general, a fin de complementar la enseñanza en las carreras de grado de Ingeniería Electrónica, Mecánica, e Informática.
- ✓ Realizar transferencia de tecnología a empresas del sector, desde los mismos grupos de investigación en distintas regiones (centro a través de la UTN San Francisco y sur del país a través de la UTN Villa María).

Formación de Recursos Humanos

El director del proyecto, Mg. Ing. Costamagna Marcelo realizó la Maestría en Ingeniería en Calidad, en la Facultad Regional Villa María. En la actualidad es profesor Titular concursado en dicha Facultad, docente de Ingeniería Mecánica II, Metrología e Ingeniería en Calidad y Proyecto Final, integrante del Grupo de Estudios en Calidad en Mecatrónica, posee publicaciones en congresos relacionadas con el área Calidad y sistemas Mecánicos.

El Codirector del proyecto, Mg. Ing. Peretti Gastón Carlos realizó la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, mención Telecomunicaciones en la Universidad Nacional de Córdoba. En la actualidad es docente de la carrera de Ing. Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, en la cátedra de Dispositivos Electrónicos y posee publicaciones en congresos y libros referidas a las líneas de investigación sistemas de control y comunicaciones. El Ing. Felissia Sergio, se encuentra actualmente cursando la Maestría en Sistemas de Control aplicado en la UTN Facultad Regional Paraná y es docente de la misma universidad en las cátedras de de Informática I, Sistemas de Control Aplicado y Control de Procesos. El grupo de investigación también está conformado por alumnos avanzados de

la carrera Ingeniería Electrónica de la Facultad Regional San Francisco y de la Facultad Regional Villa María.

El impacto esperado del proyecto se basa en la fundación de un grupo de trabajo interdisciplinario orientado al control y los sistemas de comunicaciones con un objetivo único y general que es el de generar conciencia en el manejo eficiente de los recursos naturales en el ambiente agropecuario. Respecto al potencial humano que conforma el grupo de trabajo, está formado por docentes y alumnos de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco (Pcia. de Córdoba).

Referencias

- [1] Vrindts, E. and J. De Baerdemaeker, "Feasibility of weed detection with optical reflection measurements", U.K. : British Crop Protection Council, 1996.
- [2] Moltoni A. F. and Moltoni L. A., "Análisis económico de la implementación de un sistema de aplicación selectiva de herbicidas", Buenos Aires: Ediciones INTA, 2005.
- [3] Shropshire, G. J., K. Von Bargen, and D. A. Mortensen, "Optical reflectance sensor for detecting plants", Bellinham, 1990.
- [4] Biller R. H., "Reduced input of herbicides by use of optoelectronic sensors", 1998.
- [5] Lee W. S. and D. C. Slaughter, "Robotic weed control system for tomatoes". Precision Agriculture, Vol. (1):95-113,1999.
- [6] Pérez A. J., López F., Benlloch J. V. and S. Christensen, "Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. Computers and Electronics in Agriculture", 2000.
- [7] Meyer G. E., Mehta T., Kocher M. F., Mortensen D. A. and A. Samal, "Textural imaging and discriminant analysis for distinguishing weeds for spot spraying Transactions of the American Society of Agricultural Engineers", 1998.
- [8] Burks T. F., Shearer S. A., Gates R. S. and K. D. Donohue, " Backpropagation neural network design and evaluation for classifying weed species using color image texture Transactions of the American Society of Agricultural Engineers", 2000.
- [9] Tian L., "Development of a sensor-based precision herbicide application system". Computers and Electronics in Agriculture, 2002.